

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of
Inventor(s): Ville EEROLA et al.

Appln. No.: 09 | 689,750
Series Code ↑ | ↑ Serial No.



Group Art Unit: 2631

Filed: October 13, 2000

Examiner: Unknown

Title: SIGNAL ACQUISITION SYSTEM FOR SPREAD
SPECTRUM RECEIVER

Atty. Dkt. PM 274424 | 2000009US/KA/kop

M#

Client Ref

Date: January 12, 2001

**SUBMISSION OF PRIORITY
DOCUMENT IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF RULE 55**

Hon. Asst Commissioner of Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Please accept the enclosed certified copy(ies) of the respective foreign application(s) listed below for which benefit under 35 U.S.C. 119/365 has been previously claimed in the subject application and if not is hereby claimed.

<u>Application No.</u>	<u>Country of Origin</u>	<u>Filed</u>
19992210	Finland	October 13, 1999
20002154	Finland	September 29, 2000

Respectfully submitted,

Pillsbury Winthrop LLP
Intellectual Property Group

1100 New York Avenue, NW
Ninth Floor
Washington, DC 20005-3918
Tel: (202) 861-3000
Atty/Sec: RCI/ksh

By Atty: Richard C. Irving

Reg. No. 38499

Sig:

Richard C. Irving

Fax:
Tel:

(202) 822-0944
(202) 861-3788

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 11.10.2000



ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

VLSI Solution Oy
Tampere

Patenttihakemus nro
Patent application no

19992210

Tekemispäivä
Filing date

13.10.1999

Kansainvälinen luokka
International class

H04B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Hajaspektrijärjestelmä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kaila
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Oct 12 12:45 1999 mf_acq.txt Page 1

MF:ään perustuva spread spectrum hakujärjestelmä

Yleistä

Suorasekvenssihajaspektrijärjestelmissä (direct sequence spread spectrum, DS-SS) [1] käytetään signaalin spektrin hajottamiseen koodia, jonka sekä lähettäjä että vastaanottaja tuntevat. Vastaanottajan pitää pystyä synkronoitumaan tähän koodiin, jotta signaalin vastaanotto onnistuisi. Tämän synkronoinnin nopea suorittaminen on monessa sovelluksessa avainasemassa. Hajoituskoodin bittejä sanotaan yleensä chipeiksi, millä ne erotetaan varsinaisista databiteistä. Hajaspektrijärjestelmien etuna on mm. niiden vastustuskyky häirinnälle, minkä vuoksi niitä on käytetty yleisesti sotilassovelluksissa. Suorasekvenssiä käyttävissä järjestelmissä pystytään lisäksi mittaamaan tarkasti signaalin kulkuaika lähettimen ja vastaanottimen välillä, mikä mahdollistaa etäisyyden mittausta tarvitsevat sovellukset, kuten paikannusjärjestelmät. Etäisyyden mittausta perustuu hajoituskoodin synkronointiin, mikä voidaan tehdä hyvin tarkasti, yleensä tarkemin kuin 1/10 chipin ajasta. Kun lisäksi koodin taajuus on suuri, saaavutetaan hyvä mittatarkkuus. Kun tiedetään koska koodi on lähetetty, voidaan laskea signaalin matkaan kulunut aika, ja siitä saadaan valonnopeudella jakamalla lähettimen ja vastaanottimen välinen etäisyys.

Perinteinen suorasekvenssiin perustuva hajaspektrijärjestelmä on kuvan 1 mukainen. Siinä lähettimessä on normaalin datamoduloinnin lisäksi hajoituskoodimodulaattori, joka levittää lähetetyn spektrin. Vastaanotin sisältää samalla koodilla toimivan de-spread modulaattorin, joka korreloi vastaanotetun signaalin vastaanottimessa genereoidun koodin kanssa. Mikäli koodit ovat samat ja samassa vaiheessa, saadaan lähetetty datamodulaatio palautettua samaksi kuin mitä se oli ennen hajoitusta. Samalla saadaan mahdolliset häiriösignaalit vastaavasti hajoitettua. de-spread:in jälkeinen suodatin päästää datamoduloinnin läpi, mutta poistaa suurimman osan häiriösignaalin tehosta, mikä parantaa vastaanotetun signaalin signaalikohinasuhdetta. Jotta järjestelmä toimisi, pitää vastaanottimen generoiman koodireplikan olla ja pysyä samassa vaiheessa lähetetyn koodin kanssa. Tämän vuoksi tarvitaan tavallisen kenttaalto- ja datasynkronointien lisäksi oma synkronointialgoritmi hajoituskoodia varten. Lisäksi aloitettaessa vastaanottoa, pitää hajoituskoodireplika saada alun perin oikeaan vaiheeseen. Tämän alkusynkronoinnin nopeus on yksi tärkeä suorituskypäparametri hajaspektrijärjestelmissä, ja siihen on kehitetty monia menetelmiä. Järjestelmässä voi lisäksi olla erityisiä lähetettyyn signaaliin liittyviä avusteita alkusynkronointiin.

GPS[2] on Yhdysvaltojen puolustusministeriön alainen satelliittipaikannusjärjestelmä, jossa vastaanotetaan suorasekvenssihajaspektrilähetettä yhtä aikaa (yleensä) vähintään neljästä satelliitista. Vastaanottaja saa kultakin satelliitilta tiedon sen paikasta, ja pystyy määrittämään signaalin kulkuajan kustakin satelliitista vastaanottimen antenniin. Näiden tietojen avulla on mahdollista askea vastaanottimen antennin paikka hyvin tarkasti. GPS:n käyttämä hajaspektrilähetys mahdollistaa signaalien

2/11

Oct 12 12:45 1999 mf_acq.txt Page 2

etenemisajan tarkan määrittelyn lähetettyyn signaaliin synkronoitumalla.

Matchatty filttteri[3] on laite, joka laskee korrelaatiota tunnetun signaalin ja mitattavan signaalin välillä, ja antaa maksimiulostulon, kun referenssisignaali vastaa sisääntulevaa signaalia parhaiten. Tämän vuoksi se on käyttökelpoinen hajaspektrijärjestelmien signaalinhakuvaiheessa, etsittäessä vastaanottimen generoiman referenssisignaalin oikeaa vaihetta. Se voidaan osoittaa optimaaliseksi tavaksi tunnistaa signaaleja AWGN (Additive White Gaussian Noise) tyyppisestä kohinasta.

Matchatyn filtterin käyttäminen hajaspektrijärjestelmien synkronoimisessa on tunnettu menetelmä. Yleisesti tunnetussa matchatyssä filtterissä suodatin on sovitettu yhteen signaaliin kerrallaan. Tämä vaatii joko useamman suodattimen käyttöä tai yhden signaalin etsimistä kerrallaan, mikäli halutaan hakea useampaa kuin yhtä signaalia. Tämän keksinnön mukaisella menetelmällä pystytään minimaalisella lisäraudalla suorittamaan useamman kuin yhden signaalin haku samaan aikaan.

Haettaessa matchatyllä filtterillä kaistanpäästötyypistä (band-pass) signaalia kohinaisesta vastaanotetusta signaalista, kerrotaan matchattyyn filtteriin tuleva signaali kantoaallon estimaatilla, millä poistetaan vastaanottimen taajuusoffset. Jos taajuusoffset ei ole tunnettu, täytyy signaalia hakea eri offseteilla koko taajuuden epätarkkuusalueen yli. Kuvassa 2 on esitetty kaistanpäästö- ja alipäästöversiot matchattyyn filtteriin perustuvasta DS-SS hakujärjestelmästä. Kuvan esittämässä tapauksessa matchatyn filtterin tuottamat ulostulot ovat epäkoherentisti detektoituja amplitudiarvoja. DS-SS hakujärjestelmässä näitä arvoja verrataan ennalta asetettuun threshold-arvoon. Yksinkertaisimmassa tapauksessa threshold-arvon ylittäminen merkitsee, että kyseistä referenssisignaalia vastaava signaali on tunnistettu, ja sen hajoituskoodi on samassa vaiheessa talletetun referenssisignaalin kanssa. Tämän tiedon avulla voidaan käynnistää varsinainen signaalin seuranta ja vastaanotto. Jos vastaanotetun signaalin voimakkuus on pieni kohinaan nähden, ei yksinkertainen threshold-arvon ylitys ole riittävä tae signaalin löytymisestä. Sen vuoksi käytetään yleensä löydön varmistamiseen algoritmia, jossa ensimmäisen threshold-ylityksen jälkeen ladataan siirtorekisteriin uusi sisääntulosignaali, joka korreloidaan referenssisignaalin kanssa matchatyllä filtterillä vastaavassa vaiheessa kuin mitä ensimmäinen löytöhetki oli. Tätä prosessia toistetaan useamman kerran, ja mikäli threshold-taso ylittyi riittävän monta kertaa julistetaan signaali löytyneeksi.[3]

Yleisesti tunnetuissa MF rakenteissa referenssisignaalin ja sisääntulevan signaalin ajoitus on kiinnitetty suunnitteluvaiheessa, ja sitä ei voida säätää tarkasti eri ajoituksille. Tämä tuottaa ongelmia matalan signaalikohinasuhteen omaavien signaalien hakemisessa, sillä niiden tarvitsema integrointi-aika on pitkä. Tämä vaatii tarkkaa ajoitusta MF:n näytteistykseen, sillä MF toiminta olettaa, että sen referenssisignaali on aikatasossa saman mittainen kuin vastaanotettu signaali. Järjestelmissä, joissa lähettimen ja vastaanottimen liike toisiinsa nähden on nopeaa, doppler-shift aiheuttaa kantoaaltoon ja hajoituskoodiin doppler-siirtymää, jonka

3/11

Oct 12 12:45 1999 mf_acq.txt Page 3

suuruus riippii kyseisen signaalikomponentin taajuudesta. Koska myös hajoituskoodin taajuus riippuu doppler-siirtymästä, se ei ole aina tarkkaan sama. Tämä pitää ottaa huomioon myös hakujärjestelmässä, mikäli vaadittu integrointiaika T_i on pitkä. Jos taajuuden epätarkkuus on suurempi kuin $1/T_i$ muuttuu koodin ajoitus yli yhden chipin integroinnin aikana, mikä estää hakujärjestelmän toiminnan.

DS-SS hakujärjestelmän integrointiaikaa rajoittaa myös lähetetyn datan modulointi. Näin ollen mikäli haluttu integrointiaika on pidempi kuin datasymbolin pituus, koherenttia integrointia ei voida käyttää. Pelkän epäkoherentin ilmaisun käyttö ei taas ole järkevää koska epäkoherentti ilmaisu heikentää signaalikohinasuhdetta. Tämä heikennys on erityisen voimakasta mikäli sisään tuleva signaalikohinasuhde on alun perin negatiivinen. Tämän takia hyvässä DS-SS hakujärjestelmässä integroidaan ensin mahdollisimman pitkään koherentisti ennen epäkoherenttiin integrointiin siirtymistä.

Keksintö

Tämä järjestelmä on matchattuyn filttiin pohjautuva DS-SS hakujärjestelmä, joka omatoimisesti hakee annettua referenssisignaalia vastaavan koodin vaiheen ja karkean taajuusestimaatin. Tässä järjestelmässä on ratkaistu pitkän integrointiajan aiheuttamat ongelmat sekä ajoituksen että epäkoherentin ja koherentin integroinnin osalta. Järjestelmä on esitetty kuvassa 3. Näytteistetty ja digitaaliseksi muunnettu kompleksinen signaali alipäästösuodatetaan ensin aliasoinnin estämiseksi. Sen jälkeen se näytteistetään numeerisesti ohjatun oskillaattorin (NCO) ohjaamalla taajuudella. Tällä NColla pystytään säätämään MF:n sisään tulon näytteistystaajuus niin, että referenssisignaalin näytteitten ajoitus vastaa sisään tulevan signaalin ajoitusta. Näytteistetyt signaalit kerrotaan kompleksisella kantoaalto replikalla image-reject mikserissä (matemaattisesti tämä on kahden kompleksiluvun kertoja), joka tuottaa kompleksisen ulostulon. Tämä kertolasku voidaan myös toteuttaa ennen uudelleennäytteistystä, mikäli sisään tulon signaalin taajuus on suurempi kuin MF:n näytteistystaajuus. Näin muodostetut näytteet menevät MF-yksikköön, joka laskee niiden korrelaation yhden tai useamman referenssisignaalin kanssa. (Tätä järjestelmää voi siis käyttää myös toisen keksinnön mukaisen monikanavaisen MF:n kanssa). MF:n ulostulot ovat kompleksisia signaaleja, jotka vastaavat sisäänmenon korrelaatiota ajan funktiona. Jos korreloitavan signaalin näytteenjakson pituus on N näytettä, voidaan ulostulossa erottaa N :n näytteen jaksoja, jotka vastaavat vaihe-eroltaan erilaisia riisukorrelaatioita. Monikanavaisen MF:n tapauksessa ulostuloissa on useamman kanavan samaa vaihe-eroa vastaavat ulostulot peräkkäin.

Mikäli halutaan MF:n pituutta (M) pidempiä integrointijaksoja, voidaan MF:stä saadut ulostulot tallettaa muistiin ja summata useampi (L) samaa vaihe-eroa vastaava näyte yhteen. Kukin tällainen summa vastaa yhdellä vaihe-erolla laskettua korrelaatiotulosta, jonka integrointiaika on $M \cdot L$ näytettä. Koska summaus tehdään kompleksisille MF:n ulostuloille se on koherenttia, eli signaalin vaihe vaikuttaa säätuun tulokseen. Tätä integrointia ei yleisesti ottaen voida jatkaa yli lähetetyn datasymbolin, ellei modulointia pystytä kompensoimaan

4/11

Oct 12 12:45 1999 mf_acq.txt Page 4

MF:n sisäänmenossa tai ulostulossa ennen inntergointia. Esimerkiksi yleisesti käytetyssä BPSK-modulaatiossa databitin muuttuminen aiheuttaa 180 asteen vaihesiirron signaalissa, mikä vastaa sen etumerkin kääntämistä. Tämän vuoksi databitin yli integrointi aiheuttaa merkittävää signaalin huononemista. Koherentti integrointi pitää suorittaa kutakin vaihe-eroa vastaaville näytteille erikseen joten se vaatii $N \cdot L$:n kompleksisen näytteen muistin.

Koherentisti integroiduista tai suoraan MF:n ulostulosta otetut näytteistä voidaan ottaa (kompleksinen) itseisarvo, joka suoritetaan neliöimällä kumpikin komponentti, laskemalla neliöidyt luvut yhteen ja ottamalla saadusta summasta neliöjuuri. Kompleksiluvun absoluuttiarvon (normin) tarkan laskemisen sijaan voidaan myös käyttää jotain sopivaa estimaattia. Esimerkkeinä voidaan mainita komponenttien itseisarvojen summa, ja niiden neliöiden summa. Mikäli integrointiaikaa halutaan jatkaa epäkoherentisti, voidaan toteuttaa saaduille reaalityluille samanlainen integrointi kuin mitä koherentin integroinnin suorittamiseksi tehtiin. Tämä vaihe vaatii $N \cdot L$:n reaalisen näytteen muistin.

Lopuksi saatuja näytteitä verrataan etukäteen asetettuun threshold-arvoon, ja saadaan kutakin vaihe-eroa ja referenssikoodia vastaava tieto threshold vertailusta. Oikean päätöksen todennäköisyyden kasvattamiseksi ja väärin hälytysten todennäköisyyden pienentämiseksi pitää mahdolliset threshold-tasojen ylitykset varmistaa odottamalla useampia samaa vaihe-eroa ja referenssisignaalia vastaavia vertailutuloksia, ja mikäli riittävän moni vertailu ylitti threshold-tason, voidaan hyvällä varmuudella todeta signaalin löytyneen. Käyttämällä varmistusalgoritmia, voidaan threshold-tasoa laskea niin, että heikotkin signaalit löydetään paremmin. Tässä suhteessa varmistusalgoritmilla voidaan osittain korvata epäkoherentti integrointi. Saatua signaalin vaihe-eroa käytetään varsinaisessa vastaanottimessa alustamaan paikallinen referenssikoodigeneraattori oikeaan vaiheeseen.

Koska yleisessä tapauksessa vastaanottimen taajuusepäätarkkuus on suurempi kuin MF-järjestelmän kaistanleveys ($1/T_i$), pitää vastaanotettua signaalia hakea useampaa taajuusarviota käyttäen. Kantoaaltotaajuutta säädetään aina kun koko hajoituskoodin vaihe-epätarkkuus on käyty läpi. Ks. kuva 4 ja 5.

MF-järjestelmää ohjaa tilakone, (eräs mahdollinen toteutus on esitetty kuvassa 4 ja 5) joka huolehtii threshold-vertailujen ylittäneiden vaihe-erojen verifiointialgoritmin toteuttamisesta, ja kantoaaltotaajuuksien sweeppauksesta useamman taajuusoffsetin hakua varten. Mikäli DS-SS järjestelmän vastaanottimen kantoaaltotaajuus ja hajoituskoodi on tuotettu yhteen taajuusreferenssiin sidotuista generaattorreista, voidaan kantoaaltotaajuuden offsetista laskea myös tarvittava säätöarvo MF:n näytteistyskellolle. Muussa tapauksessa MF:n näytteistyskellon taajuuden säätö on tehtävä muulla algoritmilla. Joka tapauksessa kantoaallon ja hajoituskoodin doppler-siirtymät ovat suoraan verrannollisia niiden taajuuksien suhteessa.

Useampikanavaista MF:ää käytettäessä tilakone pitää huolen siitä että taajuushaku tapahtuu kun kaikki kanavat ovat kerran hakeneet kaikki vaihe-erot. Muuten eri kanavat toimivat täysin riippumatta toisistaan.

5/11

Oct 12 12:45 1999 mf_acq.txt Page 5

Tämä mahdollistaa parhaan rinnakkaisuudesta saavutettavan hyödyn.

Ero aikaisempiin laitteisiin

Tässä laitteessa on yhdistetty perinteisen MF:n ja sarjamuotoisen korrelaattorin avulla toteutettujen DS-SS hakujärjestelmien piirteitä. Aikaisemmissa toteutuksissa tätä ei olla tehty. Erityisesti pitkien integrointiaikojen aiheuttamat ongelmat on tässä ratkaistu säilyttäen MF-pohjaisen ratkaisun nopeus.

- MF:näytteistystaajuus on tarkasti säädettävä
- MF ulostuloja integroidaan edelleen koherentisti
- Yli symbolin mittaisilla integrointiajoilla siirrytään epäkoherenttiin integrointiin
- Taajuusepätarkkuus haetaan taajuusarvo kerrallaan
- Useampikanavaisen MF:n käyttö mahdollistaa useamman signaalin haun kerrallaan lisäten haun nopeutta.
- Tilakone ohjaa hakua, ja antaa ulos vain tiedon löytyneistä signaaleista ja niiden parametreista, mikä helpottaa järjestelmän käyttöä

Erilaisia konfiguraatioita

Alla muutama mahdollinen konfiguraatio, jotka ainakin halutaan tämän patentin kattamiksi.

- 1) Kantoaaltotaajuuden kertominen, Vakio näytteistys MF:llä, Monikanavainen MF, norm, HW/SW tilakone.
- 2) Kantoaaltotaajuuden kertominen, Säädettävä näytteistys MF:llä, MF, koherentti integrointi, norm, HW/SW tilakone.
- 3) Kantoaaltotaajuuden kertominen, Säädettävä näytteistys MF:llä, MF, epäkoherentti integrointi, norm, epäkoherentti integrointi, HW/SW tilakone.

Referenssit

- [1] R.A. Scholtz, "The spread spectrum concept", IEEE Trans Commun., COM-25, pp. 748-755, August 1977.
- [2] Elliot D. Kaplan. "Understanding GPS: principles and applications", Artech House, Inc., MA, USA, 1996.
- [3] Marvin K. Simon, Jim K. Omura, Robert A. Scholtz, Barry K. Levitt, "Spread Spectrum Communications Handbook", rev.ed., McGraw-Hill, 1994. pp 815-832.
- [x] US5638362: "Correlation detector and communication apparatus",

6/11

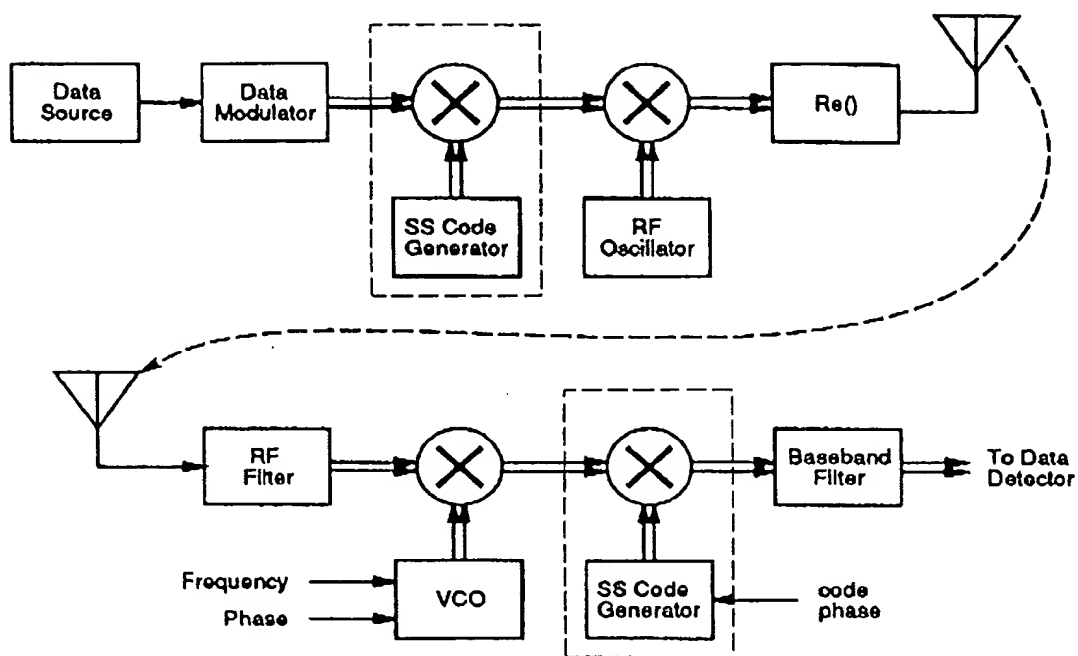
Oct 12 12:45 1999 mf_acq.txt Page 6

Ville Eerola
VLSI Solution Oy
Hermiankatu 6-8 C
33720 Tampere, Finland
Tel: +358-3-3165 579
Fax: +358-3-3165 220

L 2

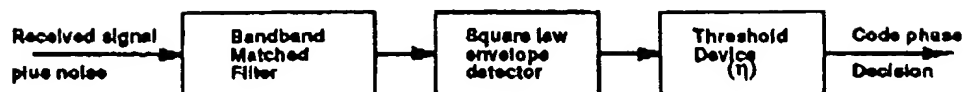
7/11

mf-acq.txt /kuva1

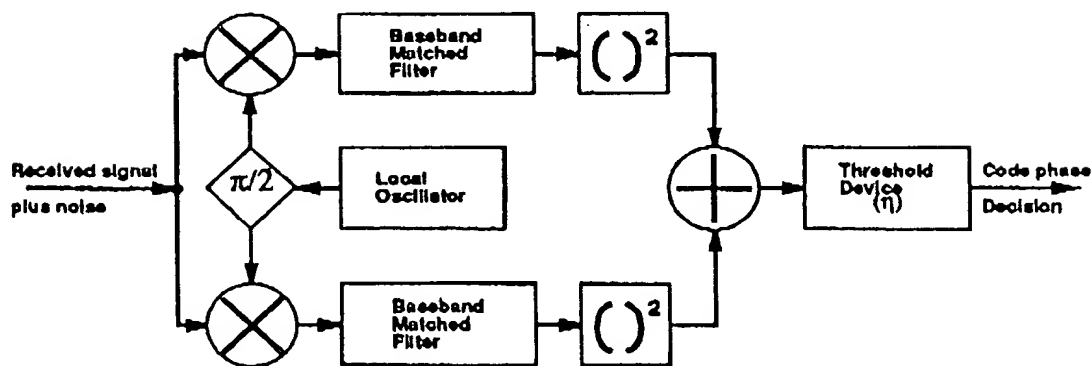


mf-acq.tst / kuvu 2

8111



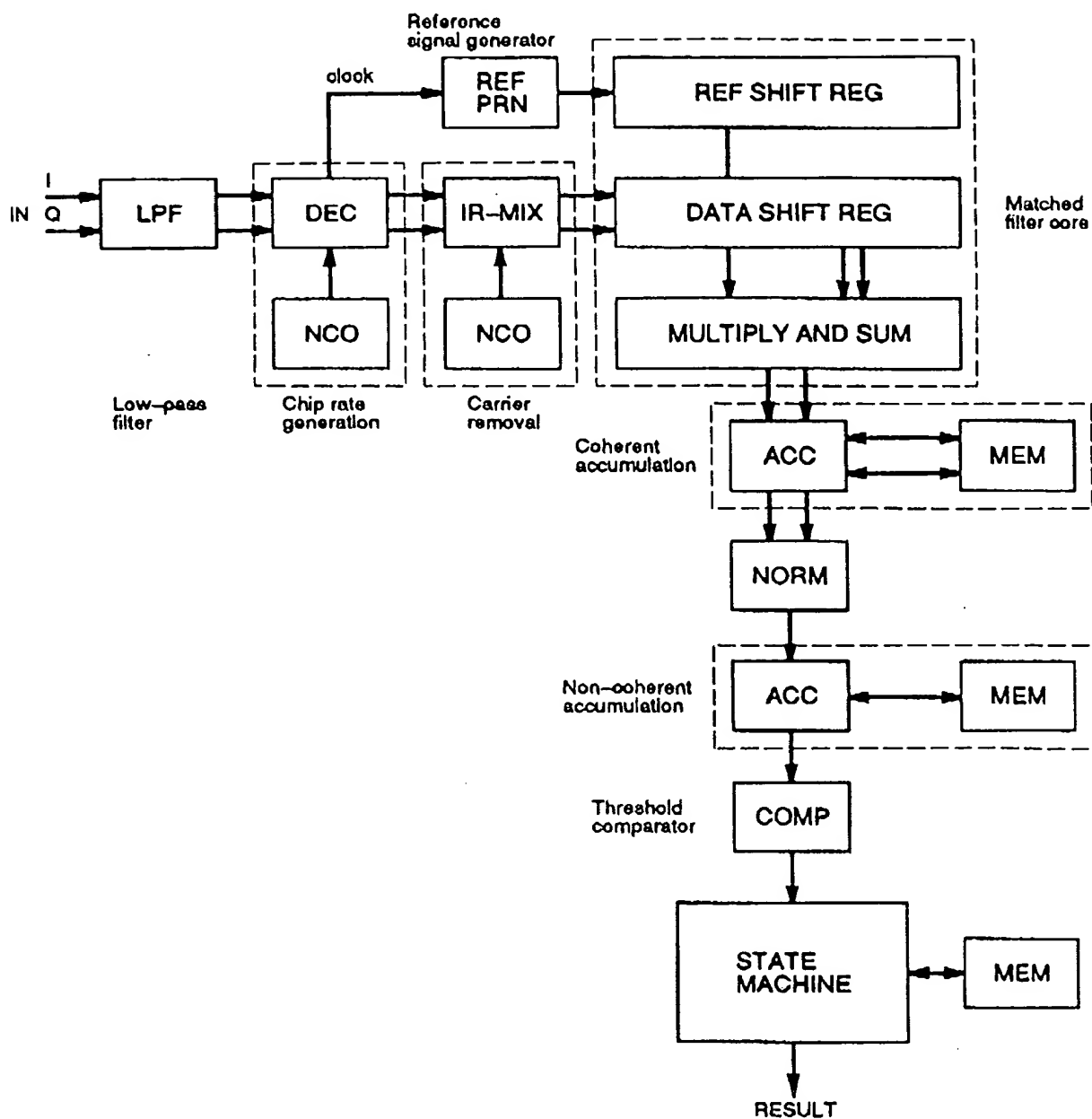
Bandpass version of a MF acquisition system



Lowpass version of a MF acquisition system

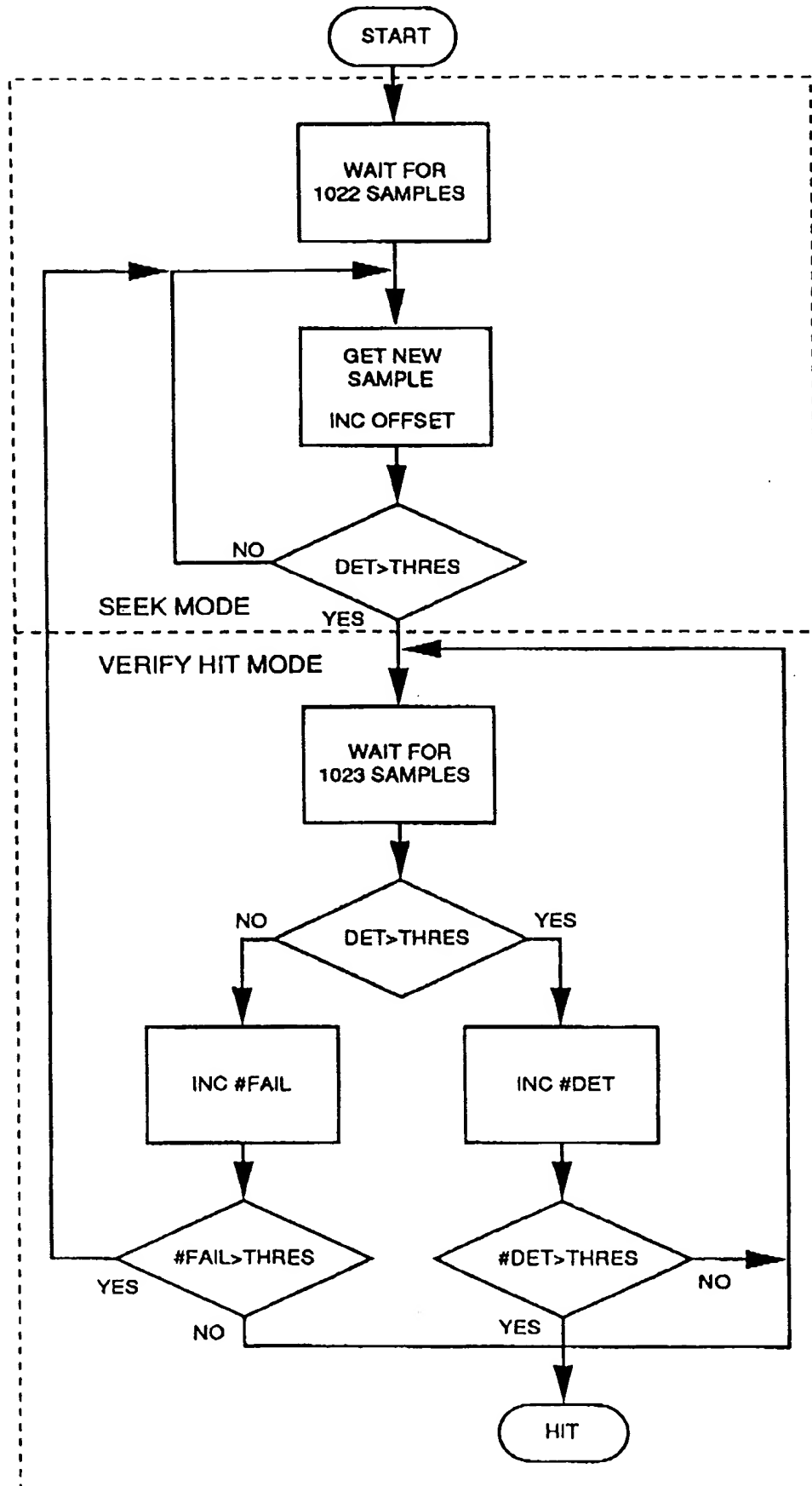
mf-acq.txt /kvva3

9/11



mf-acq.txt / KVV4

10/11



mf-acq.txt /kvva5

11/11

